

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Off nl ungsschrit  
10 DE 198 04 983 A 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
F 02 B 1/12

21 Aktenzeichen: 198 04 983.8  
22 Anmeldetag: 7. 2. 98  
43 Offenlegungstag: 12. 8. 99

71 Anmelder:  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Nieberding, Rolf-Günter, Dipl.-Ing., 70182 Stuttgart,  
DE

66 Entgegenhaltungen:  
DE 196 21 297 C1  
DE 195 19 663 A1  
GB 22 77 776 A  
DE-Z.: MTZ Nr. 6/7, Juli 1943, S. 194-200;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

64 Verfahren zum Betrieb eines im Viertakt arbeitenden Verbrennungsmotors

67 Bei einem Verfahren zum Betrieb eines im Viertakt arbeitenden Verbrennungsmotors wird ein homogenes, mageres Grundgemisch von Luft und Kraftstoff mit Kompressionszündung gezündet. Der Kraftstoff wird durch direkte Kraftstoffeinspritzung in einen von einem Zylinder mit darin dichtend geführten Kolben begrenzten Brennraum eingebracht.

Bei homogener Gemischbildung stellt sich durch die Energiezufuhr infolge der Kompression eine homogene Zündwilligkeit ein, und dadurch erfolgt eine starke selbstbeschleunigende Energiefreisetzung.

DE 198 04 983 A 1

DE 198 04 983 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines im Viertakt arbeitenden Verbrennungsmotors der im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Gattung.

Verbrennungsmotoren mit innerer Verbrennung bieten bei Kompressionszündung homogener, magerer Luft/Kraftstoff-Gemische die Möglichkeit einer geringen Stickoxidbildung und eines hohen thermischen Wirkungsgrades. Diese Vorteile stellen sich aber nur in einem engen Betriebsbereich ein, der von einer Vielzahl sich schnell ändernder Rahmenbedingungen abhängt.

Bei Kompressionszündung wird das Luft/Kraftstoffgemisch durch Kompressionswärme zur Entzündung gebracht. Nach dem Beginn der Entzündung wird durch die dabei freigesetzte Energie ein selbstbeschleunigender Verbrennungsprozeß eingeleitet. Eine zu niedrige Kompression führt zu verzögerter, unvollständiger Verbrennung, eine zu hohe Kompression zu unzulässig steilen Druckanstiegen und zu Gasschwingungen im Arbeitsraum (klopfende Verbrennung).

In der DE- 195 19 663 A1 ist ein Verfahren zum Betrieb eines Verbrennungsmotors mit Kompressionszündung beschrieben. Hier wird in einer ersten Stufe ein mit äußerer Gemischbildung erzeugtes homogenes und mageres Luft/Kraftstoffgemisch bis nahe an die Zündgrenze komprimiert. In einer zweiten Stufe wird eine Zusatzmenge des gleichen Kraftstoffs fein zerstäubt und unter Vermeidung von Wandberührung in den Arbeitsraum eingespritzt. Der spät eingespritzte Kraftstoff bildet eine Gemischwolke, die sich entzündet, da deren Zündgrenze aufgrund des höheren Kraftstoffgehalts unterhalb der in der ersten Stufe erreichten Kompressionstemperatur liegt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Gattung zu schaffen, mit dem eine dem jeweiligen Betriebsbereich angepaßte sowie verbrauchs- und schadstoffarme Verbrennung möglich ist.

Die Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Der Zeitpunkt und Verlauf der Verbrennung sind entscheidend für verbrauchs- und schadstoffarmen sowie aussetzer- und klopfreien Betrieb. Ein Verbrennungsbeginn im Bereich des oberen Totpunktes ist verbrauchs- und schadstoffoptimal. Dagegen läßt eine verschleppte Verbrennung den Kraftstoffverbrauch sowie die Schadstoffemission ansteigen und führt zu Verbrennungsaussetzern, eine zu frühe Verbrennung hingegen führt zu unzulässigen Druckanstiegen und Spitzendrücken mit Klopferscheinungen.

In einem Verbrennungsmotor wird durch die geometrische Kompression des abgeschlossenen maximalen Ausgangsvolumens bis auf ein verbleibendes Restvolumen die Temperatur des Gemisches erhöht. In dem komprimierten Volumen stellt sich eine Temperatur ein, die das Gemisch über die Zeit zur Entzündungsschwelle bringt. Der Verbrennungsprozeß, der sich an die Kompressionszündung des Gemisches anschließt, ist ein aufgrund der durch die Verbrennung freigesetzten Energie selbstbeschleunigender Prozeß. Während des Verbrennungsprozesses beschleunigt sich die Umsetzung weiter. Die hohe Umsetzungsgeschwindigkeit der Verbrennung führt zu starken Druckanstiegen im Brennraum, die eine unerwünschte Form der Verbrennung darstellen. Die im Brennraum zur Entzündung bereite Kraftstoffmenge wirkt sich auf den Druckverlauf aus, d. h. je größer diese Kraftstoffmenge ist, desto stärker wird der Anstieg der Reaktionstätigkeit und die Steilheit des Druckanstiegs. Die Grenzen der Verbrennung bei Kompressionszündung homogener, magerer Gemische hin zu höherer Last mit demzu-

folge größeren Kraftstoffmengen im Brennraum ist auf die zu homogene Temperaturverteilung im Luft/Kraftstoff-Gemisch im Brennraum zurückzuführen. Für geringe Kraftstoffmengen im Brennraum zeigt sich das Problem nicht, da die freigesetzte Energiemenge nicht so groß ist, daß die kontinuierliche Selbstbeschleunigung des Verbrennungsprozesses bis hin zu einer unerwünscht steilen Drucksteigerung im Brennraum führen könnte.

Bei homogener Gemischverteilung und Kompression wird zeitgleich eine große Menge an Luft/Kraftstoff-Gemisch in Zündungsnähe gebracht und viele Gemischanteile erreichen zur gleichen Zeit die Selbstzündungsbedingung. Dem Prinzip der Selbstbeschleunigung ist immanent die Aktivierung einer Reaktionstätigkeit durch eine differentielle Energiemenge, die zur Freisetzung des Mehrfachen der freigesetzten differentiellen Energiemenge führt.

Die Verzögerung der Entzündungen des Gemisches kann die Energiefreisetzung verschleppen, so daß sich begrenzte Drucksteigerungen im Brennraum einstellen, die in einem akzeptablen Bereich liegen. Eine Verzögerung der Entzündung erfolgt über eine Energieaufnahme der freigesetzten Verbrennungsenergie. Da sich der Entzündungsvorgang als energetisch integraler Prozeß darstellt, kann durch zeitliche und örtliche Spreizung des Selbstzündungsvorgangs eine Verzögerung in der Energiefreisetzung erreicht werden. Anstelle der Homogenität des Gemisches mit ähnlicher Zündungsneigung wird nunmehr ein Gradient der Zündwilligkeit des Gemisches zugrunde gelegt, was zu einer zeitlich verzögerten Energieumsetzung im Brennraum führt, wobei aufgrund verzögerter Verbrennung die Druckanstiege geringer ausfallen. Der Gradient der Zündwilligkeit im Gemisch findet sich differentiell in allen Gemischanteilen, die von der Einspritzung erfaßt werden. Der Gradient darf nicht so groß sein, daß sich ein Temperaturgradient im Gemisch einstellt, daß die Energieweitergabe der Verbrennungsreaktion durch Wärmeleitung bestimmt wird.

Eine zeitliche und örtliche Spreizung der Zündwilligkeit kann durch eine unterschiedliche Energieaufnahme über der Zeit und dem Raum eingestellt werden. Durch die Verdichtungs- und Vermischungsenergie des Kraftstoffs in der Luft sowie die spezifische Wärmekapazität des Gemisches während der Selbstzündungsphase wird Energie aufgenommen. Mit Hilfe innerer Gemischbildung bei der Hubkolbenmaschine ist es möglich, einen lokalen Gradienten der Zündwilligkeit über das Gemischvolumen zu erzeugen. Die Kraftstoffmenge wird in das im Brennraum vorhandene Medium so eingebracht, daß sich Brennraumbereiche unterschiedlicher Kraftstoffverdampfung ergeben. In den Bereichen frühester und bester Verdampfung erhalten die Kraftstoffanteile die höchste Energiezufuhr über die Zeit und bilden aufgrund dessen die höchste Zündneigung aus. Die Bereiche noch unvollständiger Vermischung nehmen noch während der Verdampfung Energie auf, verzögern also die Selbstzündungsneigung. Die Energieaufnahme durch Verdampfung bewirkt den Gradienten der Zündwilligkeit über den Brennraum. Für die Laststeigerung bei der Verbrennung mit Kompressionszündung ist eine Gradientenbildung über die Schichtung des Einspritzvorgangs in mehrere Einspritzvorgänge möglich. Eine zeitlich geschichtete Einspritzung besteht während der Kompression aus bereits sehr zündwilligen Kraftstoffbereichen. Die dem Brennraum frisch zugeführten Kraftstoffanteile nehmen während ihrer Aufbereitungsphase Energie aus dem komprimierten Gemisch auf und verzögern den Entzündungsprozeß des bereits vorkomprimierten Gemisches. Die Energieaufnahme vermindert die Drucksteigerungen.

Für die Gestaltung einer Hubkolbenmaschine mit variabler effektiver Verdichtung, beispielsweise über die freie

Ansteuerung der Einlaß- und Auslaßorgane über die gleichmäßige Veränderung des Brennraumvolumens, kann die Gemischbildung mit der Rückhaltung von Abgasen im Brennraum zur Beeinflussung des nächsten Verbrennungsvorgangs kombiniert werden. Für die Abgasrückhaltung wird bei Verringerung des Brennraumvolumens das Auslaßorgan früher geschlossen, wodurch die Abgasmenge über das Minimalvolumen komprimiert und anschließend expandiert wird. Bei einer frühen Öffnung direkt nach dem Zeitpunkt des Minimalvolumens und des anschließenden Druckausgleichs zwischen Brennraum und Umgebung stellt sich eine gleichmäßige Schichtung von heißem Abgas gegenüber dem kalten Frischgas im Brennraum ein. Bei einer späten Öffnung der Einlaßorgane ist aufgrund der größeren Druckdifferenz eine höhere Einstromenergie gegeben, die die Schichtung von Abgas und Frischgas vermindert.

In einer zweischichtigen Brennraumtemperaturverteilung kann für geringe Lasten und die demzufolge geringe Kraftstoffmenge der Kraftstoff früh eingespritzt werden. Die geringen Kraftstoffmengen verteilen sich gut und gleichmäßig im Frischgas. Die kompakte Ladung des Abgases erhält aufgrund ihres geringen Oberflächen/Volumen-Verhältnisses eine hohe Temperatur, die zur leichten Entzündung des frischen Gemisches mit hohem Luftüberschuß führt. Der hohe Luftüberschuß verhindert die Reaktionsbeschleunigung hin zu steilen Druckanstiegen. Die Einbringung des Kraftstoffs in den Frischladungsbereich wirkt den ungewollten Prozessen des Kraftstoffumsatzes entgegen wie beispielsweise der Hochtemperaturverbrennung, die zur Bildung von NO<sub>x</sub> führt oder der Dehydration und Koagulation, aus der Ruß entsteht. Für höhere Lasten wird die Öffnung des Einlaßventils verzögert, was zu einer besseren Vermischung des heißen Abgases und der kälteren Frischluft führt. Für eine homogene Temperaturverteilung im Brennraum kann eine späte Einspritzung oder die Trennung des Einspritzvorgangs im oben dargestellten Sinne eine Gradienten in der Zündwilligkeit herbeiführen. Die frühe Einspritzung während der turbulenten Gemischbildung des Frischgases mit den Abgasanteilen im Brennraum infolge des spät erfolgenden Öffnens des Einlaßventils ermöglicht dem früher eingespritzten Anteil des Kraftstoffs sich homogen im Brennraum zu verteilen und aufgrund von Temperaturerhöhung über die Aufbereitungszeit zu entzünden. Der zweite Anteil des Kraftstoffs wird später zugeführt, um ein lokales Senken der Zündwilligkeit aufgrund von Energieaufnahme durch Verdampfung herbeizuführen.

Ein Grenzwert des Verfahrens ist durch die optimal gleichmäßige Gemischaufbereitung durch sehr frühzeitige Einspritzung bestimmt. Der entgegengesetzte Grenzwert wird durch die Gemischeinbringung in dem Brennraum zu einem so späten Zeitpunkt gebildet, bei dem die Verdampfung des Kraftstoffs nicht mehr vor der Umsetzung ausreichend großer Anteile des aufbereiteten Kraftstoffs stattfinden kann. Es kommt aufgrund der hohen Energiezustände in der Umgebung des unvollständig aufbereiteten und unverbrannten Kraftstoffs zu Dehydrationsvorgängen und Koagulationen in fetten Bereichen bis hin zu Rußbildung im Brennraum und im Abgasstrang. Das erfindungsgemäße Verfahren wird ausschließlich zwischen diesen beiden genannten Grenzen durchgeführt.

Körperschall, Ionenstrom und Drehungleichförmigkeit sind Meßgrößen, die zeitgleich mit der Verbrennung deren Lage und Verlauf wiedergeben und dadurch die Voraussetzung für einen schnellen Regeleingriff schaffen. Dieser Regeleingriff wird unter Verwendung abgelegter Kennfelder oder durch die Anwendung schneller, lernfähiger Elektronik nach dem Prinzip der neuronalen Netze ermöglicht. Zusätzlich zu den die Verbrennung überwachenden Daten berück-

sichtigt diese Elektronik noch die Ventilsteuerzeiten und die Einspritzzeitpunkte sowie die daraus abgeleiteten Werte für den Luftüberschuß.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist nachstehend anhand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Verbrennungsmotors mit Steuergerät für die Gaswechselorgan und die Kraftstoffeinspritzventile,

Fig. 2 einen Schnitt durch einen Arbeitsraum mit Kraftstoffeinspritzventil und Bereichen unterschiedlicher Zündwilligkeit bei direkter Kraftstoffeinspritzung in den späten Kompressionstakt.

Der in den Fig. 1 und 2 schematisch dargestellte Verbrennungsmotor besitzt einen Zylinderblock 1 mit vier Zylindern 2, in denen Kolben 3 dichtend geführt sind und die durch einen Zylinderkopf 4 verschlossen sind. Zylinder 1, Kolben 3 und Zylinderkopf 4 umschließen einen Brennraum 5, in dem die Verbrennung stattfindet.

Im Zylinderkopf 4 finden sich pro Brennraum 5 ein Kraftstoffeinspritzventil 6, ein Einlaßventil 7 und ein Auslaßventil 8. Die Gaswechselventile 7, 8 werden von einer Ventilsteuereinheit 9 geöffnet und geschlossen. Das Kraftstoffeinspritzventil 6 wird bezüglich Einspritzzeitpunkt und Kraftstoffmenge von einer Einspritzsteuerung 10 betätigt, die zur abgestimmten Steuerung der Gaswechselventile 7, 8 mit der Ventilsteuereinheit 9 verbunden ist.

Auf dem aus dem Zylinderblock 1 herausstehenden Ende der Kurbelwelle befindet sich ein Schwungrad 13, in dessen Bereich ein Drehzahlsensor 14 zum Messen der Drehungleichförmigkeit der Kurbelwelle vorgesehen ist. Der Drehzahlsensor 14 sowie weitere geeignete Sensoren liefern Echtzeitsignale von Lage und Verlauf der Verbrennung, so daß unter Berücksichtigung dieser Werte die Steuerung des Kraftstoffeinspritzventils 6 und der Gaswechselventile 7, 8 erfolgen kann.

In Fig. 2 ist ein Schnitt durch den Brennraum 5 dargestellt, der von Zylinder 2, Kolben 3 und Zylinderkopf 4 begrenzt ist und in den das Kraftstoffeinspritzventil 6 Kraftstoff einspritzt. Die mit Z<sub>0</sub> bis Z<sub>n</sub> bezeichneten Punkte stellen schematisch die Kraftstoffanteile dar, die mit zunehmendem Index später in den Brennraum gelangten und damit eine niedrigere Zündwilligkeit aufweisen. Die Elemente mit hohen Indizes nehmen während ihrer Verdampfungsphase Energie aus den Gemischbereichen mit sonst homogener Temperaturverteilung auf, die aus Kraftstoffanteilen mit niedrigen Indizes bestehen. Die Temperaturverhältnisse während der Kompressionsphase im Brennraum 5 zeigt in mit T bezeichnetes Temperaturprofil durch denselben.

Das erfindungsgemäße Verfahren funktioniert folgendermaßen: Durch ein Einlaßorgan 7 gelangt entweder Luft oder ein mageres Kraftstoff/Luft-Grundgemisch in den Brennraum 5. Dort wird das Gemisch mit heißem Abgas vermischt und/oder bis zur Selbstentzündungsgrenze verdichtet. Nach Beginn der Verbrennung setzt sich diese durch die freigesetzte Wärme selbstbeschleunigend fort, zumal viele Gemischanteile zu gleicher Zeit die Selbstzündungsbedingungen erreichen. Bei geringen Kraftstoffmengen im Brennraum 5 ist die freigesetzte Energiemenge nicht so groß, daß sie zu einer deutlichen Drucksteigerung im Brennraum führen kann. Dies ändert sich jedoch mit steigendem Kraftstoffgehalt im Brennraum 5. Die bei homogener Kraftstoffverteilung große, zündbereite Gemischmenge würde zu einer ungewollten Verbrennung mit steilen Druckanstiegen und hohen Spitzendrücken sowie starken Druckschwingungen im Brennraum 5 führen.

Dieses für die Kompressionzündung homogener Gemische entscheidende Problem wird durch die vorliegende Er-

findung beseitigt, wobei dies einerseits durch die Regelung der Verdichtung im Brennraum 5 und andererseits durch die Regelung der Kraftstoffverteilung im Gemisch erfolgt. Diese Maßnahmen können einzeln oder auch in Kombination vorgenommen werden.

Die unterschiedliche Kraftstoffverteilung wird durch späte Direkteinspritzung in das homogene Grundgemisch erreicht. Durch die Verdampfungs- und Gemischbildungswärme der einzelnen Kraftstofftröpfchen wird die Gemischtemperatur lokal verringert und dadurch auch dessen lokale Zündwilligkeit. Das führt zu einem verringerten Druckanstieg aufgrund der verzögerten Energiefreisetzung der gesamten Kraftstoffenergie.

Für eine Laststeigerung bei Verbrennung mit Kompressionszündung ist eine Gradientenbildung der Zündwilligkeit über die Schichtung des Einspritzvorgangs in mehrere Einspritzvorgänge vorteilhaft. Die zeitlich geschichtete Einspritzung besteht während der Kompression aus bereits sehr zündwilligen Kraftstoffbereichen und solchen, die gerade in den Brennraum gelangen. Die frisch zugeführten Kraftstoffanteile nehmen während ihrer Aufbereitungsphase Energie aus dem vorkomprimierten Gemisch und verzögern dessen Entzündungsprozeß mit der Folge verminderter Drucksteigerungen.

Bei Abgasrückhaltung wird das Auslaßventil 8 früher geschlossen, wodurch das Restgas im Gaswechseltotpunkt komprimiert und anschließend expandiert wird. Bei einer frühen Öffnung des Einlaßventils 7 kurz nach dem Gaswechseltotpunkt und dem sich daran anschließenden Druckausgleich zwischen Brennraum 5 und Umgebung bildet sich im Brennraum 5 eine gleichmäßige Schichtung aus heißem Abgas und kaltem Frischgas aus. Bei einer späteren Öffnung der Einlaßventile 7 stellt sich wegen des höheren Unterdrucks und der dadurch bedingten höheren Einströmenergie eine geringere Schichtung aus Abgas und Frischgas ein.

Bei einer zweischichtigen Temperaturverteilung im Brennraum 5 kann die bei niedrigen Lasten kleine Kraftstoffmenge früh eingespritzt werden. Aufgrund der langen Gemischbildungszeiten verteilen sich die kleinen Kraftstoffmengen gleichmäßig im Frischgas. Das geschichtete Abgas behält aufgrund seines geringen Oberflächen/Volumenverhältnisses seine hohe Temperatur, die zur sicheren Entzündung des mageren Gemischs führt. Der hohe Luftüberschuß verhindert eine Reaktionsbeschleunigung mit daraus folgendem steilen Druckanstieg. Die Einbringung des Kraftstoffs in die Frischladung verhindert die Folgen einer Hochtemperaturverbrennung mit NO<sub>x</sub>- und Rußbildung.

Für höhere Lasten wird die Öffnung des Einlaßventils 7 verzögert, und zwar zur Erhöhung der Differenz zur Umgebungsbedingung, was aufgrund der stärkeren Turbulenz zu einer Vermischung von heißem Abgas und kälterer Frischluft führt. Bei einer gleichmäßigen Temperaturverteilung im Brennraum 5 kann eine späte, gegebenenfalls sequentielle Kraftstoffeinspritzung eine abgestufte Zündwilligkeit erbringen. Der früh eingespritzte Kraftstoff verteilt sich wegen der hohen Turbulenz des Luft/Restgasgemischs gleichmäßig und entzündet sich wegen der langen Reaktionszeit in demselben. Der spät eingespritzte Kraftstoff führt zu lokalen Senken der Zündwilligkeit aufgrund der Gemischabkühlung durch seine Verdampfung.

Durch die zeitliche Staffelung der Gemischbildung im Brennraum kann die Homogenität der Zündwilligkeit im Brennraum so verringert werden, daß sich weiterhin ein selbstbeschleunigender Prozeß einstellt, dessen Selbstbeschleunigung aber geringer ausfällt, was zu geringeren Druckanstiegen führt.

1. Verfahren zum Betrieb eines im Viertakt arbeitenden Verbrennungsmotors, mit homogenem, magerem Grundgemisch von Luft und Kraftstoff und mit Kompressionszündung sowie einer direkten Kraftstoffeinspritzung in zumindest einen von einem Zylinder (2) mit darin dichtend geführten Kolben (3) begrenzten Brennraum (5), dadurch gekennzeichnet, daß bei homogener Gemischbildung sich durch die Energiezufuhr infolge der Kompression eine homogene Zündwilligkeit einstellt und dadurch eine starke selbstbeschleunigende Energiefreisetzung erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zündwilligkeit im Brennraum (5) durch die Temperatur und den Druckverlauf des mageren Gemisches über die Zeit bestimmt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zündwilligkeit im Brennraum (5) während der Kompressionsphase über mehrere Zündwilligkeiten (Z<sub>1</sub> bis Z<sub>n</sub>) erstreckt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß durch Verdampfung des mit innerer Gemischbildung eingebrachten Kraftstoffs Energie aufgenommen wird und durch diese Energieaufnahme die Temperatur des Gemisches zumindest lokal abgesenkt und damit die Zündwilligkeit verzögert wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Gradient der Zündwilligkeit durch den Einspritzzeitpunkt des Kraftstoffs bei innerer Gemischbildung beeinflusst wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Gradient der Zündwilligkeit durch die Trennung des Einspritzvorgangs in mehrere Teileinspritzungen beeinflusst wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß unterschiedliche Verbrennungsbereiche und deren Charakterisierung bestimmbar sind, wobei die Bestimmung aus in Kennfeldern abgelegten Parametern oder durch Anwendung von neuronalen Netzen erfolgt.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß eine Regelung in Abhängigkeit der erfaßten Verbrennungsbereiche erfolgt, wobei die Verbrennung über die Gestaltung der Einspritzung und Gemischbildung optimiert wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß eine Optimierung der Verbrennung durch Variation der Verdichtung und durch gezielte Inhomogenität des Luft/Kraftstoff-Gemisches erfolgt.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das lokale Luft/Kraftstoff-Gemisch höchstens stöchiometrisch ist.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Motorlast durch gleichzeitiges Einstellen von Einspritzzeitpunkt und -menge sowie durch Auslaß und Einlaßschluß variiert wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbrennung auch bei stationären Betriebspunkten durch Variation von Verdichtung, Turbulenz und Einspritzung optimiert wird.

- Leerseite -

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

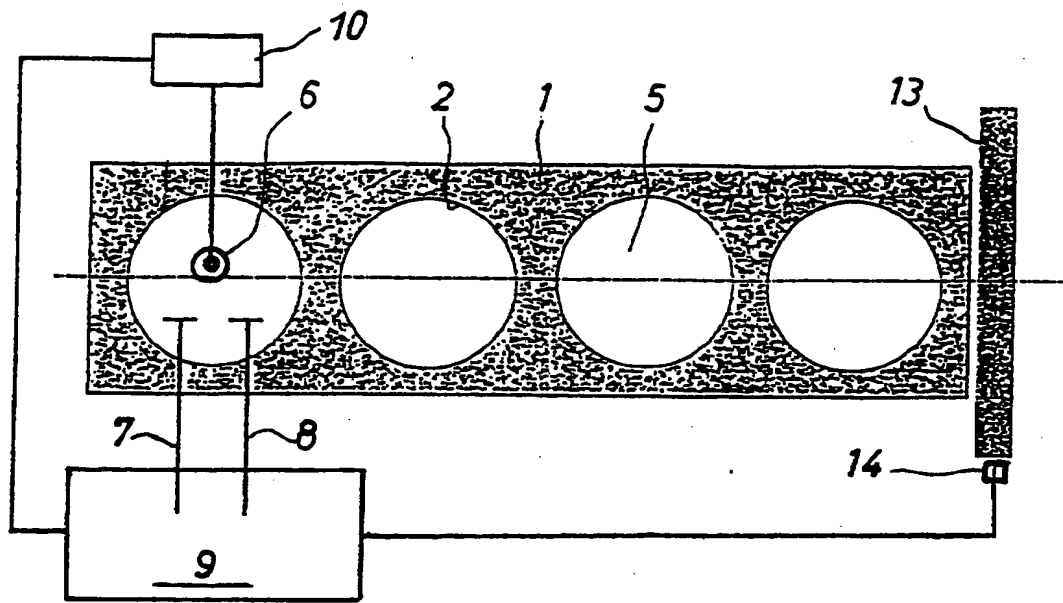


Fig. 1

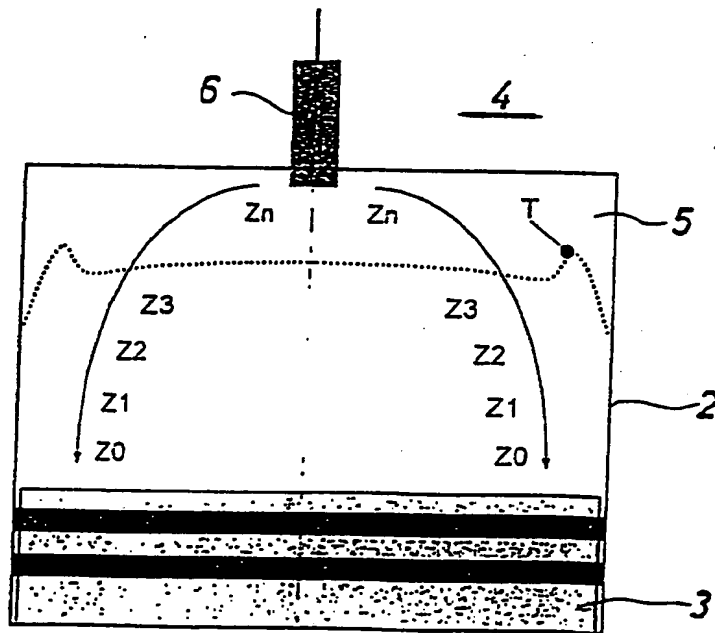


Fig. 2